

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 1 月 8 日 (08.01.2004)

PCT

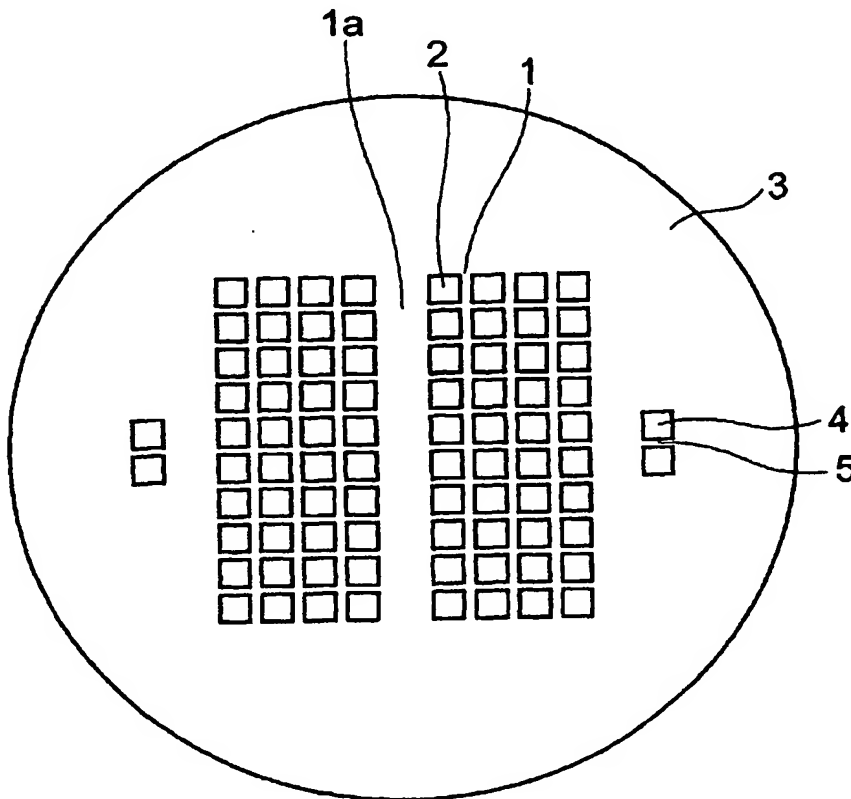
(10) 国際公開番号
WO 2004/003664 A1

- (51) 国際特許分類: G03F 1/16, H01L 21/027
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/008176
(22) 国際出願日: 2003 年 6 月 27 日 (27.06.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2002-191099 2002 年 6 月 28 日 (28.06.2002) JP
特願2003-129523 2003 年 5 月 7 日 (07.05.2003) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 Tokyo (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 渡辺 陽子 (WATANABE, Yoko) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 大森 真二 (OMORI, Shinji) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 岩瀬 和也 (IWASE, Kazuya) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 天井 桂子 (AMAI, Keiko) [JP/JP]; 〒243-0018 神奈川県厚木市中町 4-10-2 株式会社フォーラムエンジニアリング内 Kanagawa (JP). 吉澤 正樹 (YOSHIZAWA, Masaki) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: MASK AND INSPECTION METHOD THEREFOR AND PRODUCTION METHOD FOR SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: マスクおよびその検査方法並びに半導体装置の製造方法



(57) Abstract: A mask and an inspection method for the mask, capable of a destructive inspection without the need of producing an inspecting mask and a more accurate nondestructive inspection. The mask comprises an exposing thin film having, in a prescribed pattern, a part for transmitting an exposure beam and a part for not transmitting it, a thick film part formed surrounding the exposing thin film and supporting the exposing thin film, and an inspecting thin film having a part for transmitting an exposure beam and a part for not transmitting it, formed on part of the thick film part away from the exposing thin film and being equal in thickness and material to the exposing thin film; an inspection method for the mask using an inspecting thin film; and a production method for a semiconductor device that involves lithographing using the exposing thin film of the mask.

(57) 要約: 検査用マスクを作製せずに破壊的検査を行うことや、非破壊検査をより正確に行うことが可能となるマスクおよびその検査方法を提供する。露光用ビームの透過

[続葉有]



(74) 代理人: 佐藤 隆久 (SATO, Takahisa); 〒111-0052 東京都台東区柳橋2丁目4番2号 宮木ビル4階 創造国際特許事務所 Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(81) 指定国 (国内): KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

部と非透過部を所定のパターンで有する露光用薄膜と、露光用薄膜の周囲に形成された、露光用薄膜を支持する厚膜部分と、露光用ビームの透過部と非透過部を有し、厚膜部分の一部に露光用薄膜と隔てて形成された、露光用薄膜と厚さおよび材質が等しい検査用薄膜とを有するマスク、および検査用薄膜を用いて検査を行うマスクの検査方法、並びにそのマスクの露光用薄膜を用いてリソグラフィを行う半導体装置の製造方法。

明 細 書

マスクおよびその検査方法並びに半導体装置の製造方法

5

技術分野

本発明は、半導体装置製造におけるリソグラフィ工程で用いられるマスクおよびその検査方法並びに半導体装置の製造方法に関する。

背景技術

- 10 フォトリソグラフィに代わる次世代の露光技術として、電子線やイオンビームという荷電粒子を用いた転写型の露光方法が開発されている。これらの新しい技術では共通に、薄膜領域（メンブレン）を有するマスクが用いられる。マスク表面側のメンブレンは厚さ100nmから10 μ m程度であり、メンブレンに転写パターンが配置される。メンブレンは、例えばシリコンウェハーを含むマスク材料を、マスク裏面側から部分的にエッチングして形成され、エッチングされない部分のマスクブランクスがメンブレンの支持部となる。

- メンブレン自体に孔を設けることにより転写パターンが形成されるものはステンシルマスク（例えば H. C. Pfeiffer, Jpn. J. Appl. Phys. 34, 6658 (1995) 参照）と呼ばれる。また、メンブレンに積層された金属薄膜等の散乱体を加工して転写パターンが形成されるものは散乱メンブレンマスク（例えば L. R. Harriott. J. Vac. Sci. Technol. B 15, 2130 (1997) 参照）と呼ばれる。

- 20 転写型のリソグラフィには、マスクを透過した荷電粒子線を電子／イオン光学系により縮小投影する方式のもの（Lucent Technologies の SCALPEL、IBM の PREVAIL、ニコンの EB ステッパーおよびイオンビーム転写リソグラフィ等）と、マスク直下に近接させたウェハーに電子／イオン光学系を介さず
- 25 に転写する方式のもの（リープル、東京精密による LEEP L 等）がある。LEE

EPLに用いられるマスクは、例えば特開2002-231599号公報、特開2002-252157号公報、特開2002-270496号公報、特開2002-343710号公報に開示されている。

いずれの方式においても、パターン位置精度の高いマスクを作製することがき
5 わめて重要である。なお、SCALPELは scattering with angular limitation in projection electron-beam lithography の略称、PREVAILは projection exposure with variable axis immersion lenses の略称、LEELは low-energy e-beam proximity lithography の略称である。

これらのマスクの製造方法には様々なバリエーションがあり得るが、ステンシル
10 ルマスクと散乱メンブレンマスクの典型的な製造フローを説明する。ステンシルマスクの場合、まず、図1Aに示すように、SOIウェハー101の裏面にシリコン酸化膜102を形成する。SOI (silicon on insulator または semiconductor on insulator) ウェハー101はシリコンウェハー103上にシリコン酸化膜(埋め込み酸化膜)104を介してシリコン層105を有する。図示しないが、シリ
15 コン酸化膜102にエッチングを行う。

次に、図1Bに示すように、SOIウェハー101の裏面側からシリコンウェ
ハー103にエッチングを行う。このエッチングは、シリコン酸化膜102をマ
スクとして、シリコン酸化膜104に達するまで行う。シリコンと酸化シリコン
のエッチング速度は数桁以上異なるため、シリコン酸化膜104およびシリコン
20 酸化膜102に対して選択的にシリコンウェハー103がエッチングされる。エ
ッチングはシリコン酸化膜104で停止する。

次に、図1Cに示すように、シリコンウェハー103のエッチングにより露出
した部分のシリコン酸化膜104を除去する。これにより、シリコンからなるメ
ンブレン106が形成される。メンブレン106を区分する部分のシリコンウェ
25 ハー103は梁107となり、メンブレン106を支持する。シリコン酸化膜104は、例えばフッ化水素酸を用いたウェットエッチングにより除去される。ま

た、このエッチングによりシリコン酸化膜102も除去される。図示しないが、SOIウェハー101の縁近傍にはメンブレン106や梁107が形成されず、この部分に残るシリコンウェハーはマスクの支持枠として用いられる。

次に、図1Dに示すように、メンブレン106を含むシリコン層105上にレジスト108を塗布する。次に、図1Eに示すように、レジスト108にマスクパターンを描画して、レジスト108を現像する。マスクパターンの描画には電子線描画機を用いる。

次に、図1Fに示すように、レジスト108をマスクとしてシリコン層105にエッチングを行い、転写パターンで孔109を形成する。その後、レジスト108を除去することにより、ステンシルマスク110が形成される。荷電粒子線はステンシルマスク110の裏面側（梁107側）から照射され、孔109を透過する荷電粒子線によりウェハーにパターンが転写される。LEELPのような等倍露光方式では、メンブレン106とウェハーが近接するように配置される。

一方、散乱メンブレンマスクを作製する場合、まず、図2Aに示すように、シリコンウェハー111の両面にシリコン窒化膜112a、112bを例えば化学気相成長（CVD；chemical vapor deposition）で形成する。マスク表面側のシリコン窒化膜112aはメンブレン材料となり、マスク裏面側のシリコン窒化膜112bはシリコンウェハー111のエッチングマスクとなる。

シリコン窒化膜112a上に例えばクロム層113を介してタングステン層114を形成する。クロム層113はタングステン層114にエッチングを行うときのエッチングストッパー層となり、タングステン層114は荷電粒子線の散乱体となる。

次に、図2Bに示すように、マスク裏面側のシリコン窒化膜112bにエッチングを行い、メンブレン形成領域のシリコン窒化膜112bを除去する。次に、図2Cに示すように、タングステン層114上にレジスト115を塗布する。

次に、図2Dに示すように、シリコン窒化膜112bをマスクとしてシリコン

ウェハー 1 1 1 にエッチングを行い、梁 1 1 6 を形成する。次に、図 2 E に示すように、レジスト 1 1 5 にマスクパターンを描画して、レジスト 1 1 5 を現像する。マスクパターンの描画には電子線描画機を用いる。

次に、図 2 F に示すように、レジスト 1 1 5 をマスクとしてタングステン層 1 1 4 にエッチングを行い、レジスト 1 1 5 を除去する。さらに、タングステン層 1 1 4 をマスクとしてクロム層 1 1 3 にエッチングを行うことにより、シリコン窒化膜 1 1 2 a からなるメンブレン 1 1 7 上に転写パターンが形成され、散乱メンブレンマスク 1 1 8 が形成される。

形成された散乱メンブレンマスク 1 1 8 には裏面側（梁 1 1 6 側）から荷電粒子線が照射され、散乱体（タングステン層 1 1 4）以外の部分のメンブレン 1 1 7 を透過する荷電粒子線によりウェハーにパターンが転写される。

図 3 はステンシルマスクの一例を示す平面図である。図 3 に示すように、梁 1 0 7 によって区分されたメンブレン 1 0 6 が、シリコンウェハー 1 0 3（支持枠）の中央部に配置されている。なお、太い梁 1 0 7 a は梁 1 0 7 と幅のみ異なり、断面構造は梁 1 0 7 と共通する。

上記のようなステンシルマスクや散乱メンブレンマスクを用いてウェハー上に所望のパターンを正確に露光するには、マスクの製造時あるいは使用時に、以下の各条件が満たされる必要がある。

これらの条件として、まず、メンブレンの内部応力を適切に制御することが挙げられる。メンブレンの内部応力が適切に制御されていない場合、メンブレンが撓み、パターンの位置ずれや歪みの原因となる。また、ステンシルマスクの場合、孔の部分で内部応力がゼロとなるため、パターンによってはメンブレンの一部で応力集中が起こり、メンブレンが破損する可能性もある。

他の条件としては、マスクにパターンを形成するとき、垂直性の高い正確なエッチングを行うことが挙げられる。ステンシルマスクの孔や散乱メンブレンマスクの散乱体の壁面が垂直でない場合、露光に用いる電子線等が壁面で散乱する。

また、壁面が垂直に加工されていないと、壁面近傍でマスクの厚さが一様とならず、孔以外の部分を電子線等が透過する可能性も生じる。したがって、パターンが正確に転写されない。同様な理由から、エッチングの線幅均一性や面内均一性を向上させる必要もある。

- 5 他の条件として、正確かつ迅速な欠陥検査を行うことも挙げられる。また、欠陥検査で検出された欠陥を、例えば集束イオンビーム(F I B ; focused ion beam)を用いて正確に修正する必要がある。

- 10 また、露光用ビームとして低加速電子線を用いるL E E P Lでは、メンブレンが極めて薄いステンシルマスクが使用される。したがって、特に微細パターンが形成されている部分では、マスクの機械的強度が不足して、パターンが損傷を受けやすい。例えば、マスクの製造時あるいは使用時の輸送で、マスクに物理的衝撃が加わると、パターンが破壊されてマスクの使用が不可能となる。許容される程度のパターンの損傷であっても、マスクの使用、洗浄および輸送を繰り返して損傷が蓄積すると、致命的な破壊が起こり、マスクの使用が不可能となる。

- 15 パターンの破壊により使用不可能となったマスクは廃棄されるが、マスクの製造コスト等の観点からは、許容できないパターン破壊が起こらない範囲で、マスクを繰り返し使用することが望ましい。したがって、マスクの製造時あるいは使用時に要求される他の条件として、パターンの損傷の程度を正確に把握することが挙げられる。

- 20 さらに他の条件として、マスクへの異物の付着を防止することも挙げられる。マスクには製造過程および使用前に複数回の洗浄が行われるが、これらの洗浄工程で、マスクの微細パターンを破壊せずにマスクを洗浄する必要がある。また、マスクに洗浄を行うだけでなく、露光装置内の異物を制御したり、露光による汚染物の堆積を検出したりする必要もある。

- 25 以上の各条件が満たされているかを確認するための検査の中には、マスクパターンを破壊しなければならないものや、マスクパターンを破壊する恐れのあるも

のも存在する。したがって、従来、実際に露光に使用されるマスクについては、これらの検査ができなかった。マスクパターンの破壊を伴う検査を行うには、検査用の模擬マスク（ダミーマスク）を実際に使用されるマスクと同一の条件で作製する必要があり、コストの増大が問題となっていた。

5

発明の開示

本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、したがって本発明は、検査用マスクを作製せずに破壊的検査を行うことや、非破壊検査をより正確に行うことが可能となるマスクおよびその検査方法を提供することを目的とする。

10 また、本発明は、露光用マスクを用いて破壊的検査等のマスク検査を行うことが可能であり、マスク作製枚数を低減できる半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

15 上記の目的を達成するため、本発明のマスクは、露光用ビームの透過部と非透過部を所定のパターンで有する露光用薄膜と、前記露光用薄膜の周囲に形成された、前記露光用薄膜を支持する厚膜部分と、前記厚膜部分の一部に前記露光用薄膜と隔てて形成された、前記露光用ビームの透過部と非透過部を有する検査用薄膜であって、好適には前記露光用薄膜と厚さおよび材質が等しい前記検査用薄膜とを有することを特徴とする。

20 好適には、前記非透過部は薄膜であり、前記透過部は前記薄膜に形成された孔である。あるいは、前記透過部は薄膜であり、前記非透過部は前記薄膜上に形成された露光用ビーム散乱体である。前記検査用薄膜は前記露光用薄膜より大面積で撓みが大きくてもよい。前記検査用薄膜は線幅が互いに異なる前記透過部を有してもよい。前記検査用薄膜は前記透過部の密度が互いに異なる部分を有してもよい。前記検査用薄膜は、前記露光用薄膜で最もパターン損傷確率が高い第1の脆弱部分以上にパターン損傷確率が高い第2の脆弱部分を含んでもよい。

25

上記の目的を達成するため、本発明のマスクの検査方法は、露光用ビームの透過部と非透過部を所定のパターンで有する露光用薄膜と、前記露光用薄膜の周囲

に形成された、前記露光用薄膜を支持する厚膜部分とを有するマスクを検査する方法であって、荷電粒子線の透過部と非透過部を有し、前記厚膜部分の一部に前記露光用薄膜と隔てて形成された検査用薄膜であって、好適には前記露光用薄膜と厚さおよび材質が等しい前記検査用薄膜において検査を行う工程と、前記検査用薄膜における検査結果から、前記露光用薄膜の状態を推定する工程とを有することを特徴とする。

- 前記検査用薄膜における検査は破壊的検査であってもよい。前記検査用薄膜における検査はバルジ法による内部応力測定を含む。好適には、前記透過部は前記露光用薄膜および前記検査用薄膜に同一のエッチング工程で形成された孔であり、
- 10 前記検査を行う工程は、前記検査用薄膜の前記非透過部の一部に集束イオンビームを照射して、集束イオンビームの照射箇所を切断する工程と、切断面を電子顕微鏡で観察し、エッチング断面形状を評価する工程とを有する。前記検査用薄膜に線幅および／または間隔の異なる前記透過部を形成しておき、エッチングの線幅均一性をさらに検討する。あるいは、前記検査用薄膜を互いに異なる複数の箇所
- 15 所に形成しておき、エッチングの面内均一性をさらに検討する。

- 好適には、前記透過部は前記露光用薄膜および前記検査用薄膜に同一のエッチング工程で形成された孔であり、前記検査用薄膜に線幅および／または間隔の異なる前記透過部を形成しておき、実際に形成された孔を検査用薄膜の設計データと比較したときの線幅変換およびコーナーラウンディングを求める工程と、前記
- 20 検査用薄膜で求められた線幅変換およびコーナーラウンディングを用いて、前記露光用薄膜に実際に形成された孔のパターンを補正する工程と、補正されたデータと露光用薄膜の設計データを参照して、露光用薄膜のパターンの欠陥を検出する工程とを有する。さらに好適には、前記露光用薄膜で検出されたパターンの欠陥に集束イオンビームを照射して欠陥を修正し、集束イオンビームの光軸調整を
- 25 前記検査用薄膜で行う。

好適には、前記検査用薄膜において検査を行う工程は、前記露光用薄膜で最も

パターン損傷確率が高い部分に形成されているパターンの線幅以下で、前記検査用薄膜に形成されているパターンの破壊の有無を確認する工程を含む。あるいは、前記露光用薄膜で最もパターン損傷確率が高い部分の前記透過部の密度以上で、前記検査用薄膜に前記透過部が形成されている部分のパターンの破壊の有無を確認する。前記検査用薄膜でパターンの破壊が確認された場合、前記露光用薄膜を使用不可の状態と推定する。

好適には、前記検査用薄膜に線幅および／または間隔の異なる前記透過部を形成しておき、洗浄後のパターンの変化の有無、あるいは洗浄後にマスク上に残存する異物を前記検査用薄膜において確認する。好適には、前記検査用薄膜に線幅および／または間隔の異なる前記透過部を形成しておき、露光時に前記露光用薄膜に汚染物質が堆積して、パターンの線幅が変動する影響を、前記検査用薄膜において確認する。

これにより、パターンの破壊を伴う検査であっても、露光に用いるマスクで行うことが可能となる。また、実際の露光に用いる透過部と同一の工程で形成された透過部について検査を行うことが可能となるため、露光に用いられる透過部の状態をより正確に評価することが可能となる。

上記の目的を達成するため、本発明の半導体装置の製造方法は、露光用ビームの透過部と非透過部を所定のパターンで有する露光用薄膜と、前記露光用薄膜の周囲に形成された、前記露光用薄膜を支持する厚膜部分と、前記厚膜部分の一部に前記露光用薄膜と隔てて形成された、前記露光用ビームの透過部と非透過部を有する検査用薄膜であって、好適には前記露光用薄膜と厚さおよび材質が等しい前記検査用薄膜とを有するマスクの前記露光用薄膜を用いてリソグラフィ工程を行うことを特徴とする。

本発明のマスクを用いる本発明の半導体装置の製造方法によれば、検査用薄膜によって露光用薄膜の状態が正確に把握できる本発明のマスクをリソグラフィに用いるため、半導体装置製造におけるマスク製造のターンアラウンドタイム（T

A T) が短縮され、コストも低減される。

図面の簡単な説明

図 1 A～図 1 F は、ステンシルマスクの製造方法の製造工程を示す断面図である。

図 2 A～図 2 F は、散乱メンブレンマスクの製造方法の製造工程を示す断面図である。

図 3 は、従来のマスクの平面図である。

図 4 は、本発明のマスクの平面図である。

図 5 は、本発明のマスクの検査方法に用いるメンブレンの内部応力測定装置の概略図である。

図 6 A および図 6 B は、本発明のマスクの検査用メンブレンに形成されるパターンの例を示す。

図 7 は、マスクの断面形状を示す斜視図である。

図 8 A はパターンの設計データの例を示し、図 8 B は図 8 A の設計データから実際に得られるパターンの例を示す。

図 9 は、本発明のマスクの検査用メンブレンに形成されるパターンの一例であり、集束イオンビームの光軸調整に用いることができるパターンを示す。

図 10 A および図 10 B は、本発明のマスクの検査用メンブレンにおいて、衝撃に対して弱いパターンを配置する位置の例を示す図である。

図 11 は、本発明のマスクの露光用メンブレンと検査用メンブレンのパターン損傷確率を示す図である。

図 12 は、本発明の半導体装置の製造方法のワークフローの一例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明のマスクおよびその検査方法と半導体装置の製造方法の実施の形態について、図面を参照して説明する。

図4は本実施形態のステンシルマスクの一例を示す平面図である。図4に示すように、梁1によって区分された露光用薄膜（露光用メンブレン）2が、厚膜部分であるシリコンウェハ3（支持枠）の中央部に配置されている。太い梁1aは梁1と幅のみ異なり、断面構造は梁1と共通する。

本実施形態のステンシルマスクは、実際の露光に用いられない領域（露光時に荷電粒子線が照射されない領域）に小区画の検査用薄膜（検査用メンブレン）4を有する。検査用メンブレン4は、実際の露光に用いられるメンブレン2と同一の工程で形成される。検査用メンブレン4には、メンブレン2に所定のパターンで孔を形成するのと同じ工程で、検査用パターンとして孔が形成される。検査用メンブレン4を区分する梁5は、露光用メンブレン2を区分する梁1と同様の断面構造を有する。

実施形態1

15 本実施形態は、本発明のマスクを用いたメンブレンの内部応力モニター方法に関する。ステンシルマスクを構成するメンブレンの内部応力を測定する方法としては、（1）メンブレンの撓みを観測し、撓み量に基づいて内部応力を算出する方法と、（2）内部応力を直接測定する方法の2通りが考えられる。

ステンシルマスクにおいてメンブレンの内部応力が適切に調整されていない場合、メンブレンが撓み、パターンの位置精度が低下する。あるいは、LEELのような近接露光方式では、メンブレンの撓みが大きくなるとメンブレンとウェハが接触し、マスクが破壊される可能性もある。

そこで、図4に示す検査用メンブレン4を用いて、メンブレンの撓み量を実測する（上記（1）の方法）。この測定を、マスクブランク完成時点（シリコンウェハの一部を除去してメンブレンと梁が形成された後であって、メンブレンに孔を形成する前の時点、図1C参照）で行い、次の工程に進むかどうか判断す

ば、内部応力の調整が不十分なマスクブランクスを排除できる。検査用メンブレン4の撓み量の測定には、例えばレーザ光を用いた高さ測定器を使用できる。

メンブレンの撓み量は非破壊でも測定可能であることから、破壊的検査が前提となる検査に比較すると、検査用メンブレンを設ける利点は少ない。しかしながら、例えば、実際の露光用のメンブレン2よりも面積の大きい検査用メンブレン4を形成すれば、撓み量が大きくなるため、撓みの観測が容易となる。あるいは、メンブレン中心部の撓み量を正確に測定できるように、メンブレン中心部にアライメントマークを設けてもよい。

マスクブランクスが完成した時点でメンブレンの撓み量が許容範囲であっても、その後の工程でメンブレンに孔を形成すると、メンブレンの撓み量が大きくなる可能性がある。したがって、マスクブランクス完成時のみでなく、マスクを露光装置に導入する直前にも、検査用メンブレン4を用いた撓み量の測定を行うことが望ましい。

LEEPLのような近接露光方式の場合、マスクはギャップセンサを通過し、ギャップセンサによってマスクとウェハの間隔が測定されてから、マスクが電子線鏡筒直下に設置される。マスクは一端からギャップセンサを通過するため、マスクの外周寄りに設けられている検査用メンブレン4が、実際の露光用のメンブレン2よりも先にギャップセンサを通過するようにすれば、実際の露光用のメンブレン2とウェハが接触する危険性を察知および回避できる。

メンブレンの撓み量が大きく、ギャップセンサによりマスクとウェハの間隔が許容できない程度に狭いと判定された場合は、マスクを不良とするか、露光装置外に搬出したマスクに、再度メンブレンの応力調整を行い、撓み量を小さくする。あるいは、露光精度が許容範囲であれば、マスクとウェハの間隔を広げるように露光装置の設定を変更してから、マスクを電子線鏡筒直下に設置し直してもよい。

メンブレンの内部応力を直接測定する場合（上記（2）の方法）、気圧や高周波

を用いてメンブレンを強制的に変形させ、メンブレンへの荷重とメンブレンの変形量との関係から、内部応力を求める（江刺正喜ら「マイクロマシーニングとマイクロメカトロニクス」培風館刊参照）。メンブレンを強制的に変形させる場合、メンブレンが破損したりパターンが不可逆的に変位したりする可能性がある。

- 5 そこで、従来は露光用のマスクではこのような測定を行わず、露光用のマスクと同一の条件で作製されたダミーマスクで内部応力が測定されていた。あるいは、メンブレンにイオン打ち込みを行うと、メンブレンの内部応力が変化することから、ダミーマスクにイオン打ち込み等による応力調整を施し、内部応力が最適化される条件を予め検討しておき、実際の露光用マスクでは同様の応力調整のみが行われていた。

- 10 以上のように、実際の露光用マスクでは内部応力の測定が行われず、ダミーマスクや内部応力の異なる複数の試料が作製されていたため、マスクの製造コストやTATが増大する要因となっていた。さらに、応力を調整するためのイオン打ち込み等のプロセス安定性によっては、所望の応力調整ができず、マスクの歩留りが低下する可能性もあった。

- 15 本実施形態のマスクによれば、検査用メンブレンを用いてメンブレンの内部応力を直接測定することが可能である。メンブレンの内部応力はバルジ法により直接測定できる。図5にバルジ法の概略図を示す。バルジ法による薄膜の内部応力測定方法は、特開平1-237430号公報や特開2000-329669号公報に開示されている。

- 20 図5に示すように、マスク11は中空の試料ホルダ12に固定される。試料ホルダ12の内部は真空ポンプ13によって排気される。試料ホルダ12内の真空度は圧力センサ14でモニターされ、バルブ15の調整により所望の真空度に制御される。

- 25 図5に示す装置の場合、メンブレン16の変形が、光学ガラス17とメンブレン16間のギャップで生じる光の干渉縞の数によって計測される。光源としては

例えばHe-Neレーザ18が用いられ、シングルモード光ファイバ19によって顕微鏡20内にレーザ光が導入される。

顕微鏡20内のハーフミラー21でレーザ光が反射され、このレーザ光が光学ガラス17およびメンブレン16に照射される。光の干渉縞はCCDカメラ22
5 で撮像され、TVモニタ23およびコンピュータ24に送られる。コンピュータ24によりレーザ照射位置のX-Yモニタ25、圧力センサ14、バルブ15および真空ポンプ13が制御される。

メンブレン16を変形させる方法としては、図5に示すように真空ポンプ13を用いる以外に、メンブレンの下方に配置した電極とメンブレンとの間に作用する静電気力を用いる方法等もあるが、真空ポンプを用いる方法が一般に簡便である。
10 上記のような装置を用いて、メンブレンの内部応力を直接測定し、内部応力を適切に制御することにより、メンブレンの撓みによるパターン位置のずれを防止して、高精度にパターンを露光できる。

実施形態2

15 本実施形態は、本発明のマスクを用いたパターン断面形状の検査方法に関する。本実施形態では、図4に示すステンシルマスクの検査用メンブレン4に、断面形状の観察に適したパターンを配置しておく。このようなパターンの例を図6に示す。

図6Aは図4の検査用メンブレン4を拡大した図であり、図6Bは図6Aの検査用メンブレン4の一部を拡大した図である。図6に示すように、断面形状の観察用パターンとして、例えば1 μ m角の領域に線幅200nm、ピッチ400nmのラインアンドスペースパターン6を形成する。検査用メンブレン4にライン
20 アンドスペースパターン6で孔を形成する工程は、露光用のメンブレン2に所定のパターンで孔を形成する工程と同一の工程である。

25 次に、検査用メンブレン4の一部にFIBを照射して、パターン6を切断する。ここで、FIBとしては例えばガリウムイオンビームを用いる。

次に、チルト機構を有するステージにステンシルマスクを積載し、FIBによって切断されたメンブレン断面を走査型電子顕微鏡（SEM）により観察する。この時得られたSEM像から、図7に示すパターンのテーパー角 θ を求めることができる。

- 5 上記のFIB照射によるパターンの切断から切断面の観察までの工程は、例えばSMI-9800（セイコーインスツルメント（株）製）を用いて、1台の装置で行うことも可能である。このような検査工程は、破壊的検査であるため、露光用のメンブレンで行うことができない。

- 10 本発明のマスクを用いれば、ダミーマスクを作製せずに、パターンのテーパー角を高精度で測定できる。したがって、パターンを高精度に露光することが可能となる。また、ダミーマスクを作製するためのコストも増大しない。

実施形態3

- 15 本実施形態は、本発明のマスクを用いた線幅均一性および面内均一性の検査方法に関する。エッチング加工で形成されるパターンの線幅均一性および面内均一性は、パターンの線幅や密度に応じて変化する。エッチング速度がエッチング面積依存性を示し、エッチング面積が増加するほどエッチング速度が低下する現象は、ローディング効果と呼ばれる。

- 20 また、パターンの線幅（孔の径）が縮小されるに当たって、エッチング速度が低下する現象や、同一の線幅のパターンが異なる密度で存在するときにエッチング速度が均一とならない現象は、マイクロローディング効果と呼ばれる。

ステンシルマスクのメンブレンや散乱メンブレンマスクの荷電粒子線散乱体は、レジストをマスクとするエッチングによって加工される。したがって、上記のようなエッチング工程に起因する線幅のばらつき以外に、レジスト形成工程に起因する線幅のばらつきもある。

- 25 線幅が同一でパターン間隔が異なるレジストパターンを形成すると、パターン間隔に応じてレジスト線幅は変動し、線幅の変化量や面内均一性もレジスト線幅

に依存して変化する。また、線幅やパターン間隔に応じてレジストのパターンエッジラフネスは変化するため、エッチングによりパターンエッジラフネスが引き継がれるメンブレンにおいても、パターンエッジラフネスは均一とならない。

- 5 以上のようなパターンエッジラフネスや、ローディング効果またはマイクロローディング効果の影響が許容範囲内にあるか調べるには、例えば実施形態2と同様にSEM観察を行う。本発明のマスクの検査用メンブレン4に、線幅やパターン間隔を変化させたラインアンドスペースを形成しておく。エッチング加工前のレジスト線幅や、エッチング後のパターン線幅をSEM等で測定すれば、線幅均一性や面内均一性を検査できる。
- 10 また、検査用メンブレン4を露光用のメンブレン2以外の複数の箇所に設け、複数の検査用メンブレン4に同様の検査用パターンを形成すれば、マスク面内のCD (critical dimension) 分布をモニターできる。

実施形態4

本実施形態は、本発明のマスクで欠陥検査を行うときの参照画像作成に関する。

- 15 マスクの欠陥検査には、隣接するチップを比較する方式 (die-to-die 方式) と、マスクパターンを設計データと比較する方式 (die-to-database 方式またはDB方式) がある。die-to-die 方式では、比較するチップに同じ形状の欠陥があったときに検出できないが、die-to-database 方式ではそのような問題が起きないことから、一般的に die-to-database 方式で検査が行われることが多い。
- 20 欠陥検査では、検査装置の光学系を用いてマスク上のパターンから参照画像を作成する。一方、設計データからも参照画像を作成し、これらの参照画像を比較して、欠陥が検出される。実際のマスクでは、描画装置によるレジストパターンの形成、エッチングおよびレジストの除去を経てパターンが形成されるため、設計データと完全に一致するパターンは得られない。具体的には、パターンの線幅
- 25 が変動したり、コーナーラウンディングが起こったりする。

図8に、パターン形成後の線幅変動およびコーナーラウンディングの例を示す。

図 8 Aは設計データであり、線幅 L のラインアンドスペースパターンである。図 8 Bは図 8 Aの設計データに基づいてマスク上に形成されたパターンの例である。図 8 Bでの線幅は $L \pm \Delta L$ であり、パターンのコーナーは曲率半径 R の曲線となる。

- 5 die-to-database 方式による検査では、線幅の変動やコーナーラウンディングによる設計データとマスク上パターンの不一致については許容する一方で、問題となる欠陥を検出する必要がある。したがって、検査装置の光学系で得られるマスクの画像に、線幅の変動やコーナーラウンディングについての補正を加え、設計データの参照画像に近い参照画像が作成される。
- 10 このとき、線幅の変動やコーナーラウンディングを補正するパラメータ値が正確であれば、設計データの参照画像に近い参照画像が得られるため、参照画像の比較を高速で行うことや、欠陥を高精度に検出することが可能である。そこで、検査用メンブレンに線幅や密度の異なるラインアンドスペース等を形成しておき、これらの線幅変動や断面形状等を、例えば実施形態 2 と同様の方法により SEM
- 15 を用いて測定する。

- このような破壊的検査でなく、非破壊で線幅変動やコーナーラウンディングの測定を行ってもよい。検査用メンブレンでの線幅の変動やコーナーラウンディングに基づき、参照画像作成用のパラメータ値を設定すれば、ダミーマスクを作成するコストや労力が不要となるだけでなく、実際の露光用のメンブレンと同一のプロセスで作製されたメンブレンでのパラメータ値を利用できるため、パラメータ値を高精度に最適化できる。したがって、参照画像の比較をより短時間で行い、欠陥を高精度に検出することが可能となる。
- 20

実施形態 5

- 本実施形態は、F I Bを用いた欠陥修正に本発明のマスクを利用する例である。
- 25 まず、図 4 に示すステンシルマスクの検査用メンブレン 4 に、図 9 に示すようなパターンを配置しておく。図 9 に示すように、1 辺が $10 \mu\text{m}$ の正方形のパター

ンを、 $10\mu\text{m}$ の間隔で 3×3 の行列状に配置する。検査用メンブレン4のパターンは、露光用のメンブレン2のパターンと同一の工程で形成される。

マスクの作製後、欠陥検査で検出された欠陥は、FIBを照射して修正される。欠陥には黒欠陥と白欠陥の2種類があり、黒欠陥は孔となるべきパターン部分にメンブレン（散乱メンブレンマスクの場合は荷電粒子線散乱体）が残る欠陥である。黒欠陥は、レジストパターン以外に異物等が付着し、エッチングされるべきパターンがエッチングされずに残って発生する。一方、白欠陥はパターン以外に孔が形成される欠陥である。白欠陥は、レジストパターンが欠けたりして、残されるべきパターンが誤ってエッチングされることにより発生する。

- 5 一般に、黒欠陥はガリウムイオンビームによる加工（ミリング）、あるいは試料上にガスを噴出させ効率的にエッチングを行うガスアシストエッチング（GAE）により修正される。また、白欠陥はピレン等の有機物ガス雰囲気中でガリウムイオンビームを照射することにより、照射位置に炭素の薄膜を形成して修正される。

- 15 欠陥箇所にイオンビームを照射して修正を行う前には、イオンビームの光軸調整、具体的には焦点合わせや非点収差調整が行われる。この光軸調整は、イオンビームをマスクに照射したときに放出される2次イオン（または2次電子）を検出して行われる。しかしながら、マスク中のガリウムイオンの残留量は最小限とすることが望ましい。

- 20 例えば、電子線リソグラフィに用いられるステンシルマスクのメンブレン材料がシリコンである場合、ガリウム等の残留金属が存在すると、異種物質同士の接触による接触電位差が生じる可能性がある。電子線リソグラフィでマスクが帯電すると、後から入射する電子の位置がずれることがある（チャージアップ）。ガリウムの残留による接触電位差は、チャージアップが起きる要因となるため、露光用のメンブレンへのガリウムイオンビームの照射量は最小限に抑えられる。

- 25 本発明のマスクで欠陥修正を行う場合、検査用メンブレンに形成された図9に示すようなパターンを用いて、光軸調整を行う。図9に示すパターンにガリウム

イオンビームを照射して、得られる２次イオン像のエッジが明瞭となるように調整を行う。その後、マスクのステージを移動させ、ガリウムイオンビームを欠陥箇所照射して修正を行う。

- 5 以上のように、露光用のメンブレンと別に設けられた検査用メンブレンでイオンビームの光軸調整を行うことにより、露光用のメンブレンでのガリウム残留量を低減することが可能となる。これにより、マスクを露光に用いるときのチャージアップが防止され、マスクパターンがウェハー上に正確に転写される。

実施形態 6

- 10 本実施形態は、繰り返し使用や輸送、あるいは洗浄によるマスクのダメージのモニター方法に関する。LEELで用いられるような等倍ステンシルマスクでは、極めて薄いメンブレンに微細パターンが等倍で形成されるため、物理的衝撃によりパターンがダメージを受けやすい。

- 15 マスク製造過程での衝撃によるパターンの破損は、マスク完成直後の欠陥検査により検出されるが、出荷されたマスクの輸送途中、あるいは露光装置でマスクを使用するための取り扱い中や、露光に使用したマスクを洗浄する際の衝撃によるパターンの破損の有無は、随時調べる必要がある。また、メンブレンが極めて薄い等倍ステンシルマスクでは、マスク洗浄時の薬液によるメンブレン表面の荒れも顕著となりやすい。メンブレン表面の荒れは、パターン寸法の変動やパターン破壊の要因となる。

- 20 パターンが破壊されたマスクは使用不可であるため、廃棄される。パターンの損傷が許容される程度であれば、マスクは露光に繰り返して使用される。そこで、パターンの損傷の程度を正確に把握する必要がある。マスクを繰り返して使用する場合、必要に応じてマスクが洗浄される。

- 25 フォトマスクの場合、露光に影響を及ぼすような異物や汚染は、保護膜であるペリクルによって低減できるが、LEELのように低加速電子を用いるリソグラフィでは、孔以外の部分で電子線が遮断されるため、ペリクルに相当する保護

膜を設けることができない。したがって、露光時にも汚染しやすく、マスクの製造過程だけでなく、マスクを露光に使用した後にも洗浄が必要となる。

- 本実施形態では、図4のステンスルマスクの検査用メンブレン4に、実際のデバイスパターンのうち最も線幅および／または間隔が微細なパターンと同等か、
- 5 それ以上に微細なパターンを配置しておく。すなわち、図4の露光用メンブレン2で最も線幅が小さいか、パターン密度（孔となる部分の密度）が高いか、あるいはその両方である部分を第1の脆弱部分とすると、検査用メンブレン4に第1の脆弱部分よりも破壊されやすい第2の脆弱部分を形成する。

- 検査用メンブレン4の第2の脆弱部分には、例えば微細なラインアンドスペースパターンや、リーフパターンと呼ばれる片持ち梁の形状をしたパターン等、破壊されやすいパターンを配置する。このようなパターンは機械的強度が弱く、ダメージを受けやすいため、輸送や繰り返し使用、あるいは洗浄によるダメージの蓄積をモニターするのに適している。
- 10

- パターンのダメージは例えばSEMを用いて観察できるが、より簡便に目視によりマスク廃棄のタイミングを見極めることもできる。この場合、図10Aに斜線で示すように、検査用メンブレン4の全体を第2の脆弱部分とする。あるいは、図10Bに斜線で示すように、検査用メンブレン4のシリコンウェハー3との境界に沿った部分に第2の脆弱部分を形成する。
- 15

- 第2の脆弱部分のパターンが破壊されると、検査用メンブレン4が、その大きさに近い大きさで抜け落ちる。検査用メンブレン4の大きさが例えば約1mm角の場合、検査用メンブレン4の抜けを目視で確認することは、十分に可能である。したがって、露光用メンブレン2でパターンの破壊が起きる可能性があるマスクを、SEM等の装置を用いる検査を行わずに確実に排除できる。
- 20

- なお、検査用メンブレン4がさらに大きい場合は、検査用メンブレン4のほぼ全体でなく、一部が抜け落ちても目視で抜けを確認できる。したがって、第2の脆弱部分は必ずしも検査用メンブレン4の全体または検査用メンブレン4の境界
- 25

近傍に形成する必要はない。第2の脆弱部分とそれにより囲まれる部分を合わせた大きさが、目視で確認できる大きさであればよい。

図11に模式的に示すように、露光用メンブレン2の第1の脆弱部分のマスクパターン損傷確率Aに対して、検査用メンブレン4の第2の脆弱部分のマスクパターン損傷確率Bが高ければ、露光用メンブレン2でパターン損傷が生じる前に、検査用メンブレン4のパターンの損傷状態から露光用メンブレン2でのパターン損傷の危険性を予想できる。例えば図11に示す衝撃の強度Xでは、検査用メンブレン4でパターンの損傷が検出されるが、露光用メンブレン4ではパターン損傷が生じないとみなせるため、パターン損傷までのマージンをもたせてマスクを廃棄できる。

但し、マスクパターン損傷確率Aとマスクパターン損傷確率Bの差を大きくして、マージンを大きくすると、マスクを露光に繰り返し使用できる回数が減少する。したがって、パターンが破壊したマスクを排除できる範囲で、マージンを少なくすることが望ましい。図11に示すような衝撃の強度とマスクパターン損傷確率との相関は、複数の種類のパターンについて予め調べておく。

上記のように、検査用メンブレン4が破壊されても、露光用メンブレン2が使用可能であれば、マスクを用いて露光を行うことができる。本実施形態によれば、輸送中や洗浄等での衝撃によるパターンのダメージの程度を把握して、マスク廃棄のタイミングを正確に見極めることができる。

実施形態7

本実施形態は、マスクの汚染のモニター方法に関する。低加速電子線リソグラフィ用のステンシルマスクにはペリクルのような保護膜を設けることができないため、マスク使用時のハンドリングによって、露光に支障をきたすような異物がマスクに付着する可能性がある。しかしながら、露光に用いる領域全体で詳細な異物検査を行うのは、膨大な時間がかかるため現実的ではない。

そこで、図4に示す検査用メンブレン4を利用して、詳細な検査を行い、この

結果に基づいて露光用のメンブレン2の汚染状況を推定する。検査用メンブレン4には、線幅や間隔を変えたラインアンドスペースパターン等を形成しておく。検査用メンブレン4についてSEM式欠陥検査装置等を用いて詳細に検査を行えば、短時間でマスクの汚染を検査できる。検査用メンブレン4でマスク使用時の

5 ハンドリング前後での異物の増加あるいは移動をモニターすることにより、露光用のメンブレン2において露光に影響を及ぼすような異物の有無を推定できる。

実施形態8

本実施形態は、マスク上の汚染物質堆積による線幅の変動をモニターする方法に関する。低加速電子線リソグラフィ用のステンシルマスクにはペリクルのような保護膜を設けることができないため、露光の際、マスクに電子線が照射されると、露光装置内で発生するガスにより、徐々に汚染物質がマスクに堆積する。

10

このような汚染物質がマスクパターン側壁に堆積すると、パターン線幅が細くなったり、パターンエッジラフネスが悪化したりする。したがって、パターンの転写に影響が生じる。また、パターンから離れた箇所に堆積した汚染物質は、

15 スクパターンの線幅には直接影響しないが、露光時のチャージアップの原因となり、転写されるパターンの線幅を変動させる。以上のことから、マスク上の堆積汚染物をモニターし、露光への影響を見積もることは重要である。

そこで、図4に示すステンシルマスクの検査用メンブレン4に、線幅や間隔の異なるラインアンドスペースパターンを形成しておく。マスクへの汚染物質の堆

20 積は、検査用メンブレン4のパターンの線幅をSEM観察により直接測定しても、あるいは、検査用メンブレン4のパターンを露光によりウェハー上に転写して、転写された線幅を測定しても、いずれでもよい。但し、露光されたパターンの線幅を測定する場合は、検査用メンブレン4のパターンを、デバイスの電気特性に影響を与えない箇所に露光する。

25 上記のようにマスクの汚染をモニターすることにより、マスクの洗浄あるいは廃棄のタイミングを見極めることができる。また、マスクの洗浄前後に同様の方

法でマスクの汚染状況をモニターすれば、洗浄の効果もモニターできる。

実施形態 9

図 1 2 に本実施形態の半導体装置の製造方法のワークフローの一例を示す。ステップ 1 (S T 1) では、基板にレジストを塗布する。ステップ 2 (S T 2) で、
5 マスクを基板上に配置する。ここで、マスクには、露光用ビームの透過部と非透過部を有する露光用薄膜と、露光用薄膜の周囲に形成された、露光用薄膜を支持する厚膜部分と、露光用ビームの透過部と非透過部を有し、露光用薄膜と厚さおよび材質が等しい検査用薄膜とを有する本発明のマスクを用いる。

ステップ 3 (S T 3) で、露光用ビームによりマスクの露光用薄膜を露光する。

10 ステップ 4 (S T 4) で、基板上のレジストを現像する。ステップ 5 (S T 5) で、後工程として例えばイオン注入工程、ドライエッチング工程等を行い、半導体装置を製造する。

本発明のマスクは、検査用薄膜によって露光用薄膜の状態が正確に把握できるため、マスク製造における歩留りが高く、また、マスク納期が短縮される。したがって、本発明のマスクを用いる本発明の半導体装置の製造方法によれば、マスク製造における T A T の短縮が期待できる。また、マスクの検査のための検査用マスクを別途作製せずに、露光に用いられるマスクで破壊的検査を含む各種の検査を行うことが可能となるため、半導体装置の製造コストを低減できる。

20 本発明のマスクおよびその検査方法並びに半導体装置の製造方法の実施形態は、上記の説明に限定されない。例えば、上記の説明ではステシルマスクの例を示したが、散乱メンブレンマスクの露光に用いられない領域に、同様に検査用薄膜を設け、各種の検査を行うこともできる。

また、本発明のマスクおよびその検査方法は、電子ビームリソグラフィ用のステシルマスクに限らず、イオンビームリソグラフィ用のマスクや、X線、E U
25 V (extreme ultraviolet) 光などの他の露光用ビームを用いるリソグラフィ用のステシルマスクまたはメンブレンマスクにも適用できる。また、本発明のマス

クおよびその検査方法は、イオン注入等、他のプロセスに使用されるステンシルマスクにも適用できる。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能である。

- 本発明のマスクおよびその検査方法並びに半導体装置の製造方法によれば、検査用マスクを露光用マスクと別に作製せずに、破壊的検査を含むマスクの検査をより正確に行うことが可能となる。
- 5

請 求 の 範 囲

1. 露光用ビームの透過部と非透過部を所定のパターンで有する露光用薄膜と、
前記露光用薄膜の周囲に形成された、前記露光用薄膜を支持する厚膜部分と、
5 前記厚膜部分の一部に前記露光用薄膜と隔てて形成された、前記露光用ビーム
の透過部と非透過部を有する検査用薄膜とを有する
マスク。
2. 前記検査用薄膜は前記露光用薄膜と厚さおよび材質が等しい
請求項 1 記載のマスク。
- 10 3. 前記非透過部は薄膜であり、前記透過部は前記薄膜に形成された孔である
請求項 1 記載のマスク。
4. 前記透過部は薄膜であり、前記非透過部は前記薄膜上に形成された露光用
ビーム散乱体である
請求項 1 記載のマスク。
- 15 5. 前記検査用薄膜は前記露光用薄膜より面積が大きく、撓みが大きい
請求項 1 記載のマスク。
6. 前記検査用薄膜は線幅が互いに異なる前記透過部を有する
請求項 1 記載のマスク。
7. 前記検査用薄膜は前記透過部の密度が互いに異なる部分を有する
20 請求項 1 記載のマスク。
8. 前記露光用薄膜は前記露光用薄膜で最もパターン損傷確率が高い第 1 の脆
弱部分を含み、
前記検査用薄膜は、前記第 1 の脆弱部分以上にパターン損傷確率が高い第 2 の
脆弱部分を含む
25 請求項 1 記載のマスク。
9. 前記第 2 の脆弱部分は、前記第 1 の脆弱部分のパターンの線幅以下のパタ

ーンを含む

請求項 8 記載のマスク。

10. 前記第 2 の脆弱部分の前記透過部の密度は、前記第 1 の脆弱部分の前記透過部の密度以上である

5 請求項 8 記載のマスク。

11. 露光用ビームの透過部と非透過部を所定のパターンで有する露光用薄膜と、前記露光用薄膜の周囲に形成された、前記露光用薄膜を支持する厚膜部分とを有するマスクを検査する方法であって、

10 前記厚膜部分の一部に前記露光用薄膜と隔てて形成され、荷電粒子線の透過部と非透過部を有する検査用薄膜において検査を行う工程と、

前記検査用薄膜における検査結果から、前記露光用薄膜の状態を推定する工程とを有する

マスクの検査方法。

15 請求項 11 記載のマスクの検査方法。

13. 前記検査用薄膜における検査は破壊的検査を含む
請求項 11 記載のマスクの検査方法。

14. 前記検査用薄膜において検査を行う工程は、前記検査用薄膜の撓み量を測定する工程を含み、

20 前記露光用薄膜の状態を推定する工程は、前記露光用薄膜の撓み量を推定する工程を含む

請求項 11 記載のマスクの検査方法。

15. 前記検査用薄膜において検査を行う工程は、バルジ法により内部応力を測定する工程を含み、

25 前記露光用薄膜の状態を推定する工程は、前記露光用薄膜の内部応力を推定する工程を含む

請求項 1 1 記載のマスクの検査方法。

1 6. 前記透過部は前記露光用薄膜および前記検査用薄膜に同一のエッチング工程で形成された孔であり、

5 前記検査用薄膜において検査を行う工程は、前記検査用薄膜の前記非透過部の一部を切断し、切断面で前記孔のエッチング断面形状を観察する工程を含み、

前記露光用薄膜の状態を推定する工程は、前記露光用薄膜の前記孔のエッチング断面形状を推定する工程を含む

請求項 1 1 記載のマスクの検査方法。

10 1 7. 前記検査用薄膜において検査を行う工程は、線幅および／または間隔の異なる前記透過部が形成されている前記検査用薄膜で、エッチングの線幅均一性を測定する工程を含み、

前記露光用薄膜の状態を推定する工程は、前記露光用薄膜のエッチングの線幅均一性を推定する工程を含む

請求項 1 6 記載のマスクの検査方法。

15 1 8. 前記検査用薄膜において検査を行う工程は、前記検査用薄膜内でエッチングの面内均一性を測定する工程を含み、

前記露光用薄膜の状態を推定する工程は、前記露光用薄膜のエッチングの面内均一性を推定する工程を含む

請求項 1 6 記載のマスクの検査方法。

20 1 9. 前記検査用薄膜において検査を行う工程は、互いに離れて形成された複数の前記検査用薄膜で、前記透過部の線幅を測定する工程を含み、

前記露光用薄膜の状態を推定する工程は、前記露光用薄膜のエッチングの面内均一性を推定する工程を含む

請求項 1 6 記載のマスクの検査方法。

25 2 0. 前記透過部は前記露光用薄膜および前記検査用薄膜に同一のエッチング工程で形成された孔であり、

前記検査用薄膜において検査を行う工程は、線幅および／または間隔の異なる前記透過部が形成されている前記検査用薄膜で、実際に形成された孔を検査用薄膜の設計データと比較したときの線幅変換およびコーナーラウンディングを求める工程を含み、

- 5 前記露光用薄膜の状態を推定する工程は、前記検査用薄膜で求められた線幅変換およびコーナーラウンディングを用いて、前記露光用薄膜に実際に形成された孔のパターンを補正する工程と、

補正されたデータと露光用薄膜の設計データを参照して、露光用薄膜のパターンの欠陥を検出する工程とを含む

- 10 請求項 1 1 記載のマスクの検査方法。

2 1. 前記露光用薄膜で検出されたパターンの欠陥に集束イオンビームを照射して、欠陥を修正する工程をさらに有し、

集束イオンビームの光軸調整を、前記検査用薄膜に集束イオンビームを照射して行う

- 15 請求項 2 0 記載のマスクの検査方法。

2 2. 前記検査用薄膜において検査を行う工程は、前記露光用薄膜で最もパターン損傷確率が高い部分に形成されているパターンの線幅以下で、前記検査用薄膜に形成されているパターンの破壊の有無を確認する工程を含み、

前記検査用薄膜でパターンの破壊が確認された場合、前記露光用薄膜を使用不

- 20 可の状態と推定する

請求項 1 1 記載のマスクの検査方法。

2 3. 前記検査用薄膜において検査を行う工程は、前記露光用薄膜で最もパターン損傷確率が高い部分の前記透過部の密度以上で、前記検査用薄膜に前記透過部が形成されている部分のパターンの破壊の有無を確認する工程を含み、

- 25 前記検査用薄膜でパターンの破壊が確認された場合、前記露光用薄膜を使用不可の状態と推定する

請求項 1 1 記載のマスクの検査方法。

2 4. 前記検査用薄膜において検査を行う工程は、線幅および／または間隔の異なる前記透過部が形成されている前記検査用薄膜で、洗浄後のパターンの変化の有無を確認する工程を含み、

- 5 前記露光用薄膜の状態を推定する工程は、前記露光用薄膜の洗浄後のパターンを推定する工程を含む

請求項 1 1 記載のマスクの検査方法。

2 5. 前記検査用薄膜において検査を行う工程は、線幅および／または間隔の異なる前記透過部が形成されている前記検査用薄膜で、洗浄後に残存する異物を

- 10 確認する工程を含み、

前記露光用薄膜の状態を推定する工程は、前記露光用薄膜の洗浄後のパターンを推定する工程を含む

請求項 1 1 記載のマスクの検査方法。

- 15 2 6. 前記検査用薄膜において検査を行う工程は、線幅および／または間隔の異なる前記透過部が形成されている前記検査用薄膜で、露光による汚染物質の堆積に伴うパターンの線幅変動を確認する工程を含み、

前記露光用薄膜の状態を推定する工程は、前記露光用薄膜を露光に使用した後の前記露光用薄膜のパターンを推定する工程を含む

請求項 1 1 記載のマスクの検査方法。

- 20 2 7. 露光用ビームの透過部と非透過部を所定のパターンで有する露光用薄膜と、

前記露光用薄膜の周囲に形成された、前記露光用薄膜を支持する厚膜部分と、

前記厚膜部分の一部に前記露光用薄膜と隔てて形成され、前記露光用ビームの透過部と非透過部を有する検査用薄膜とを有するマスクの前記露光用薄膜を用い

- 25 てリソグラフィ工程を行う

半導体装置の製造方法。

28. 前記検査用薄膜は前記露光用薄膜と厚さおよび材質が等しい
請求項27記載の半導体装置の製造方法。

FIG. 1A

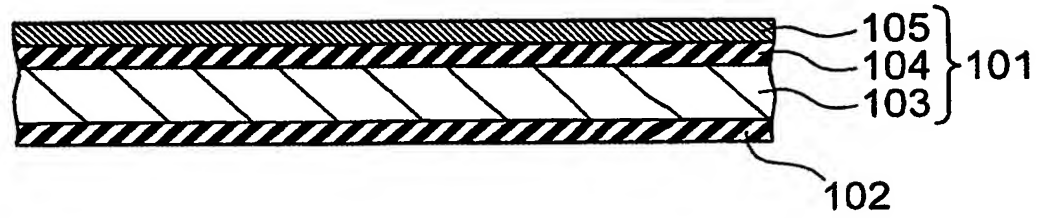


FIG. 1B

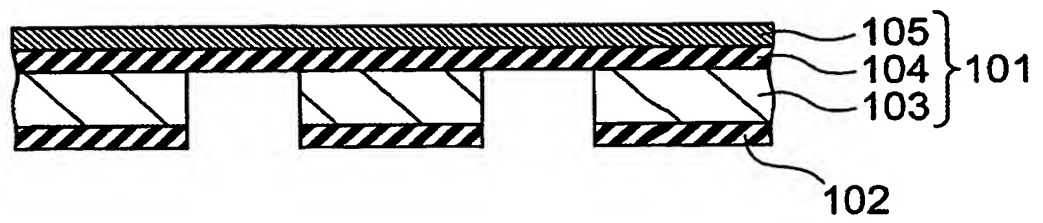


FIG. 1C

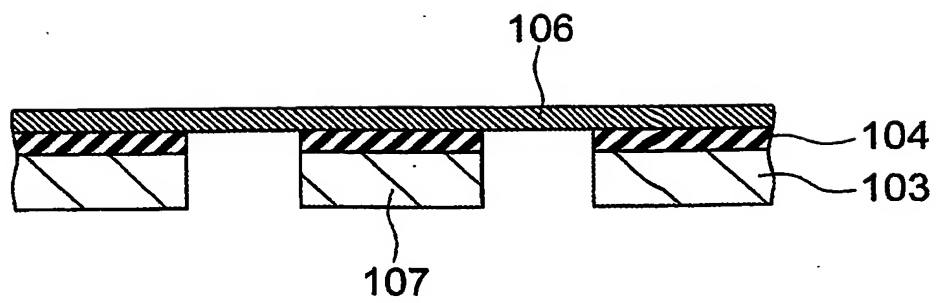


FIG. 1D

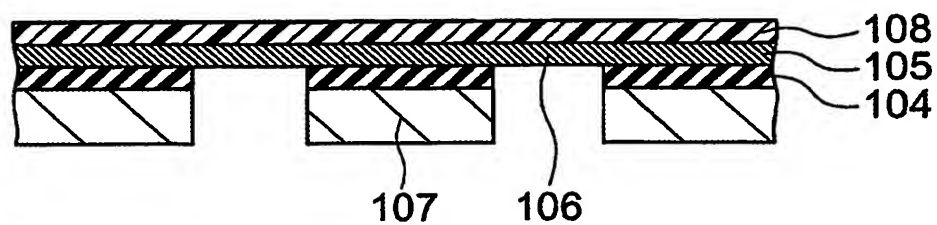


FIG. 1E

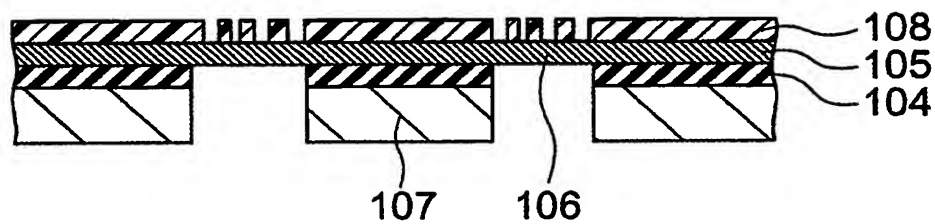


FIG. 1F

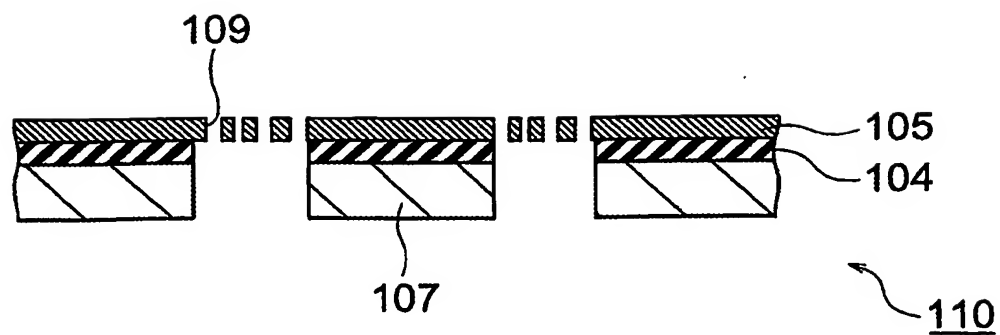


FIG. 2A

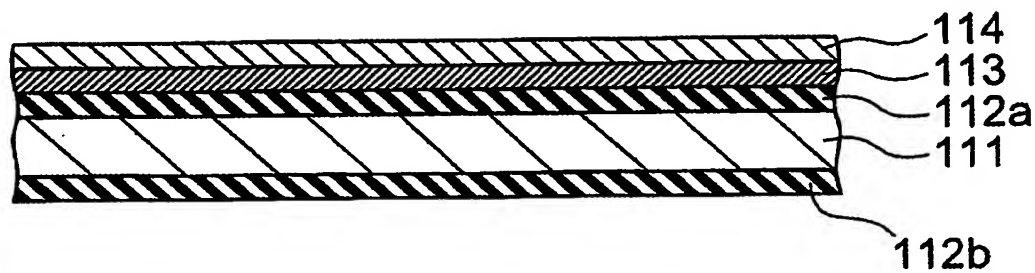


FIG. 2B

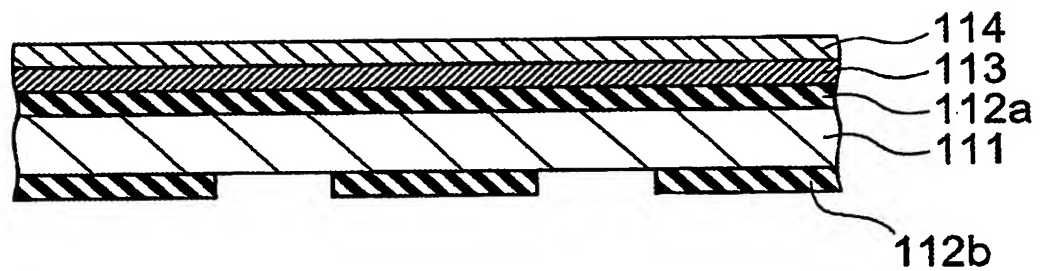


FIG. 2C

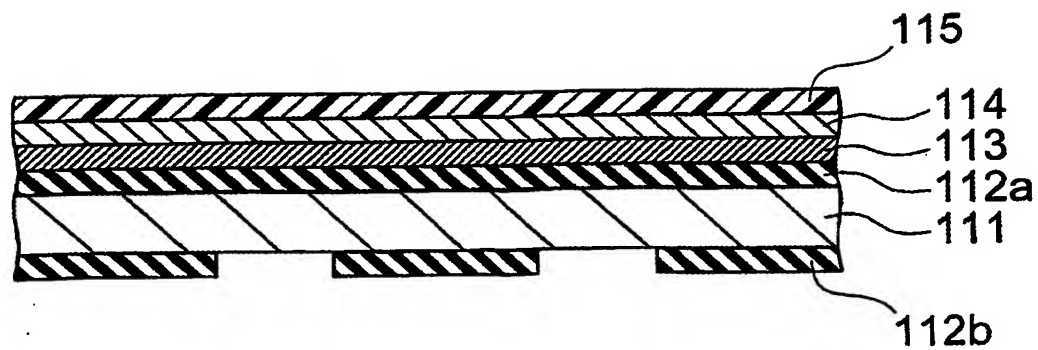


FIG. 2D

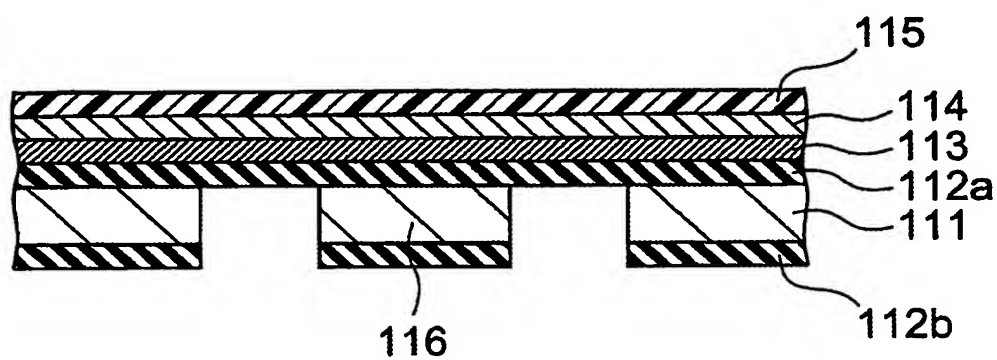


FIG. 2E

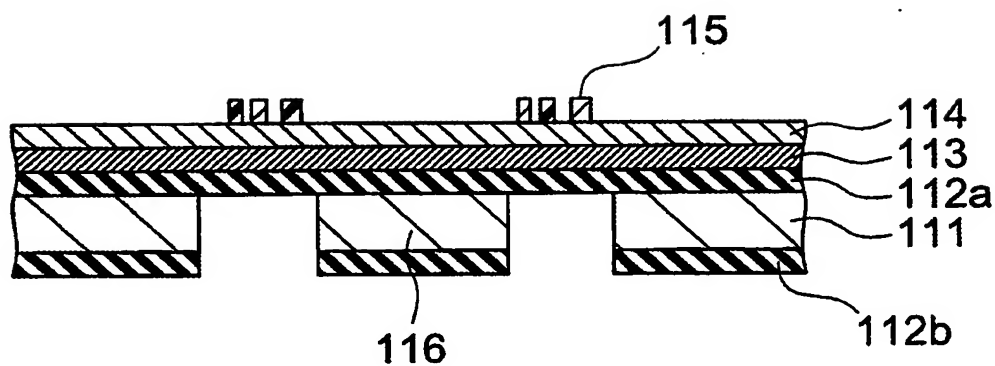


FIG. 2F

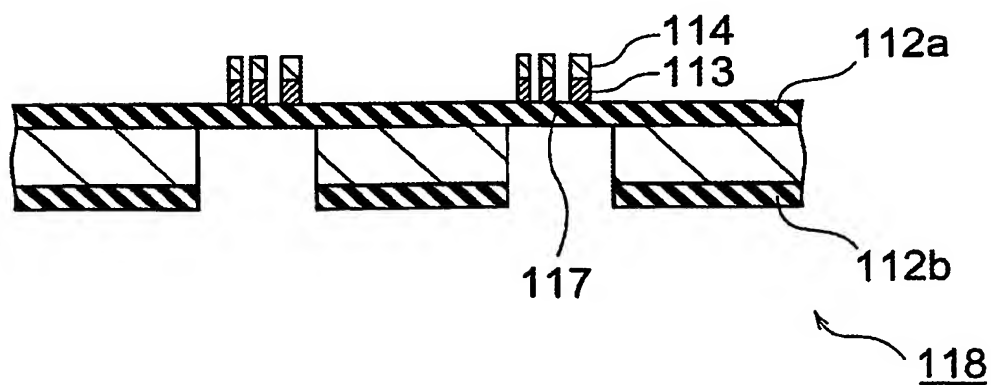


FIG. 3

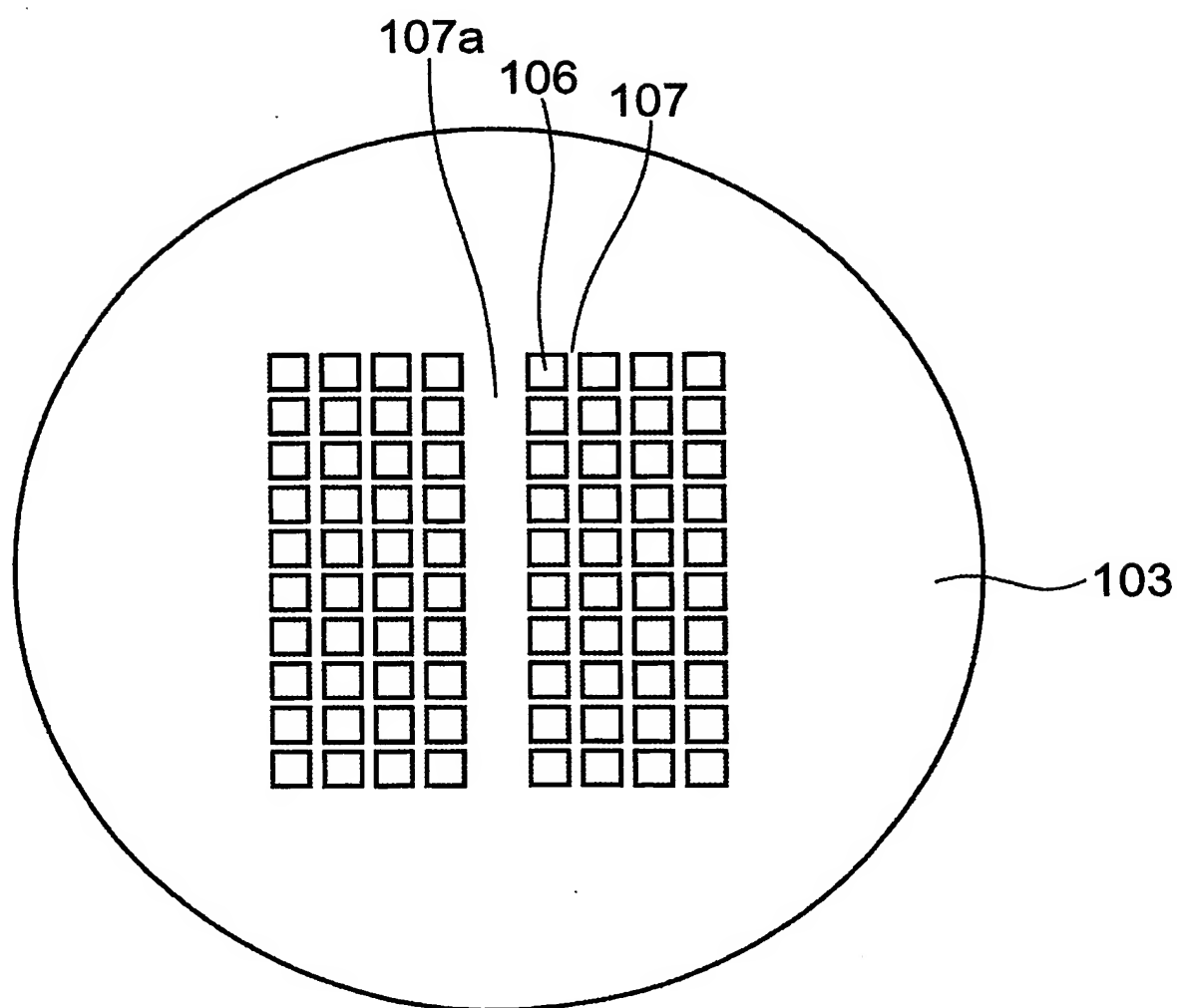


FIG. 4

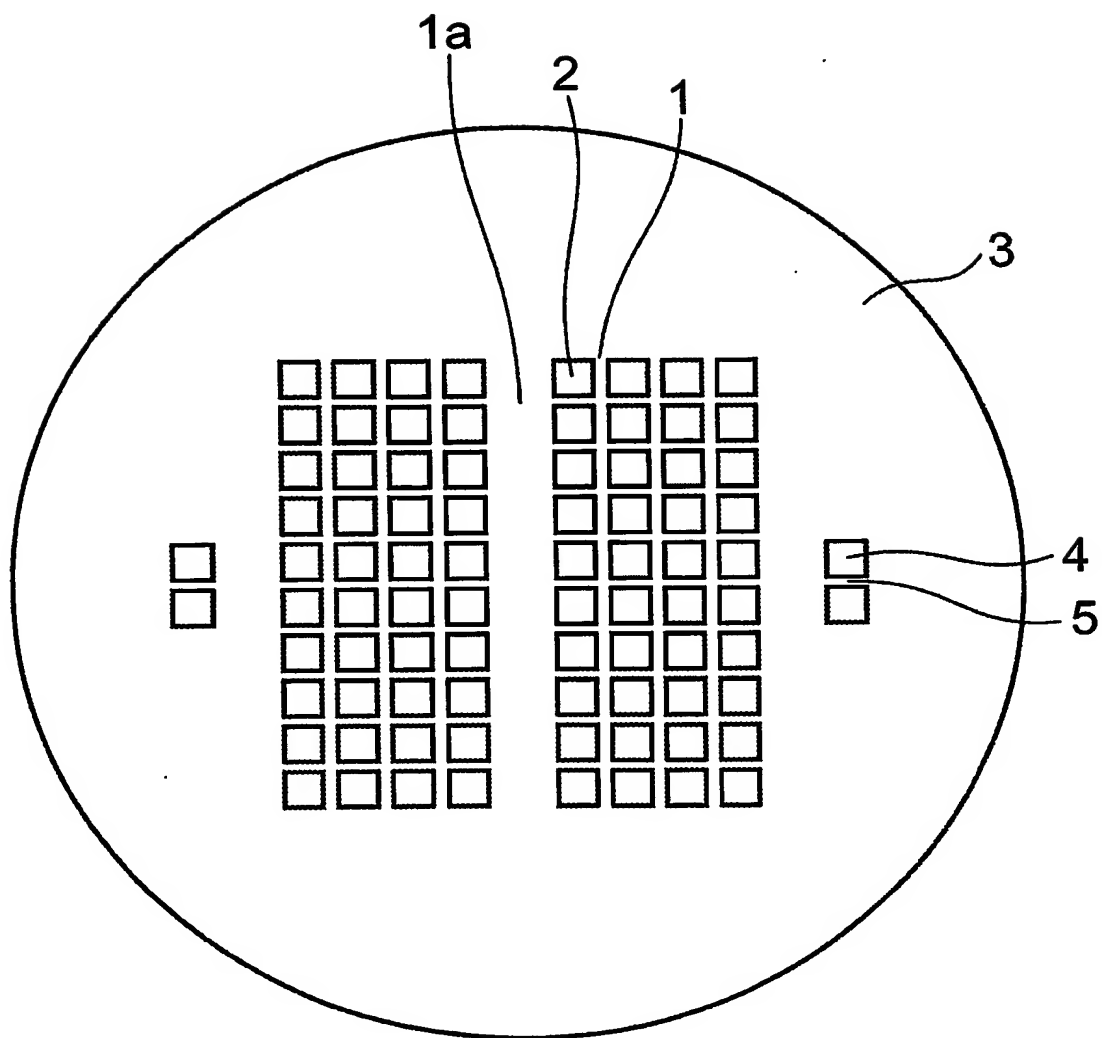


FIG. 5

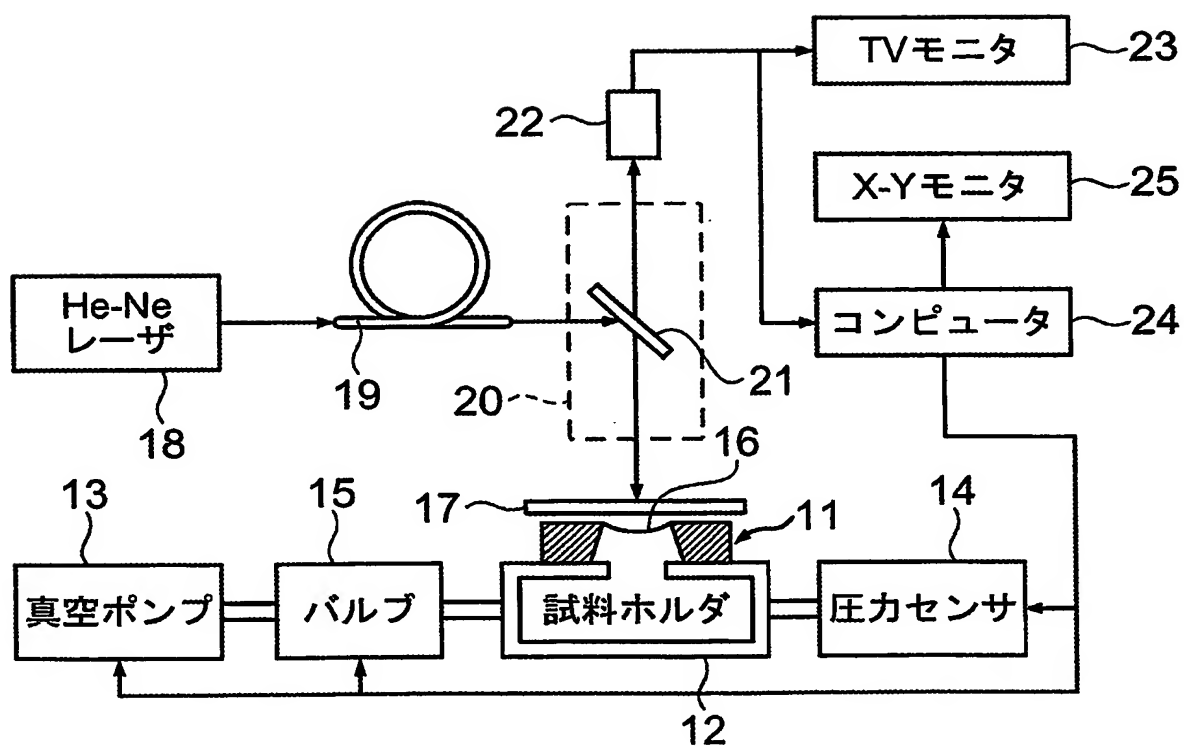


FIG. 6A

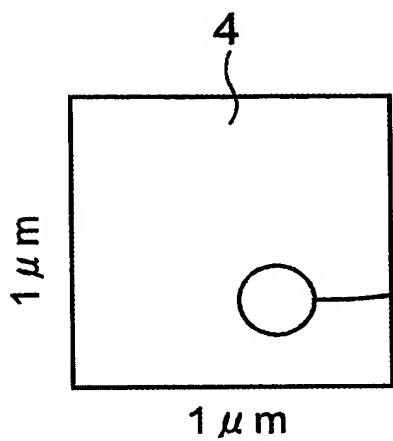


FIG. 6B

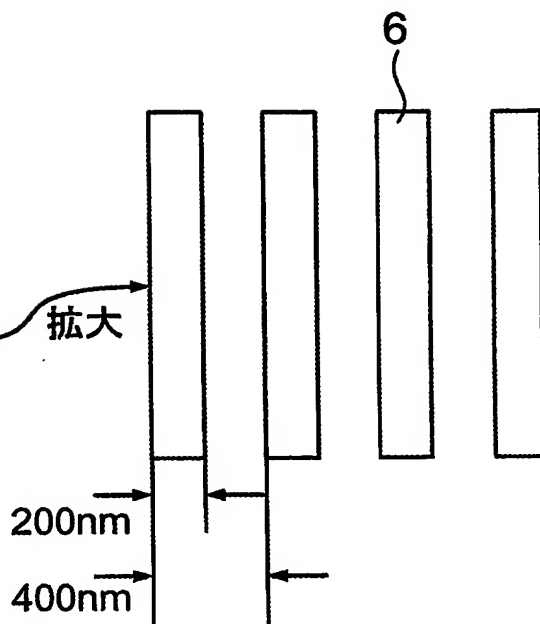


FIG. 7

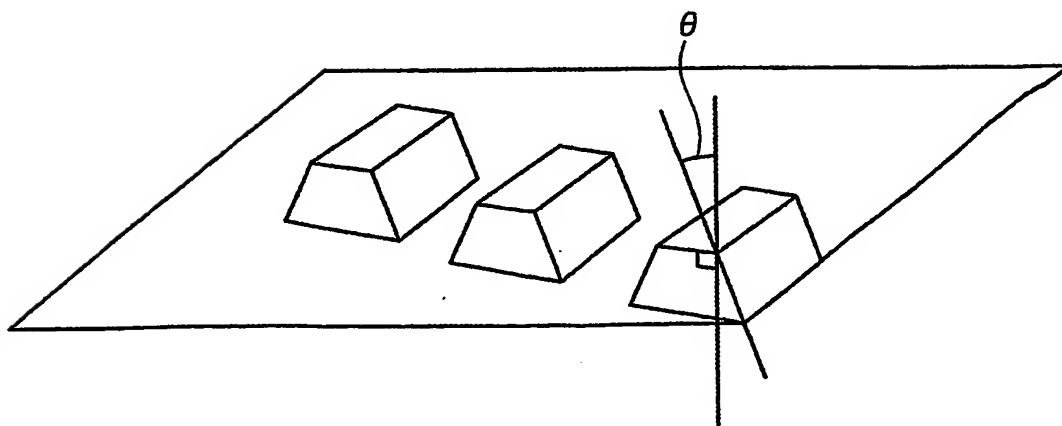


FIG. 8A

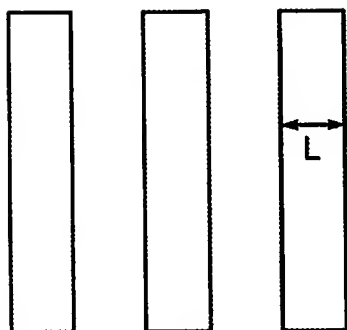


FIG. 8B

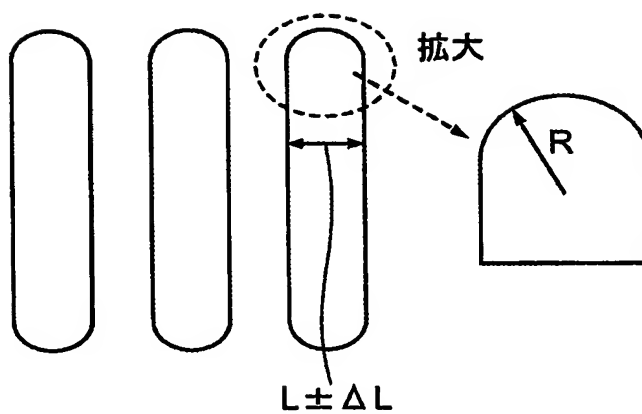


FIG. 9

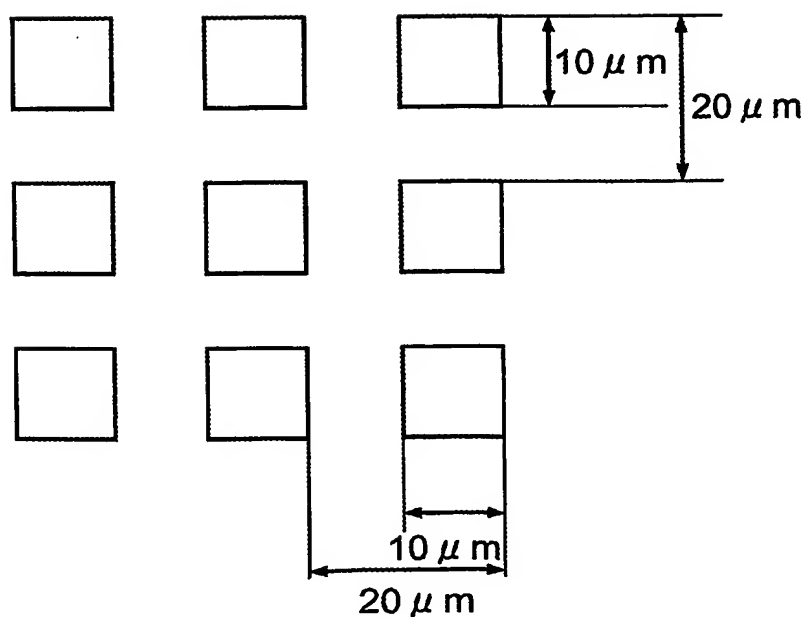


FIG. 10A

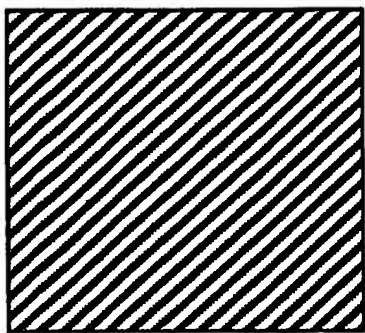


FIG. 10B

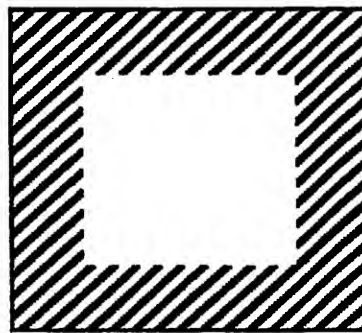


FIG. 11

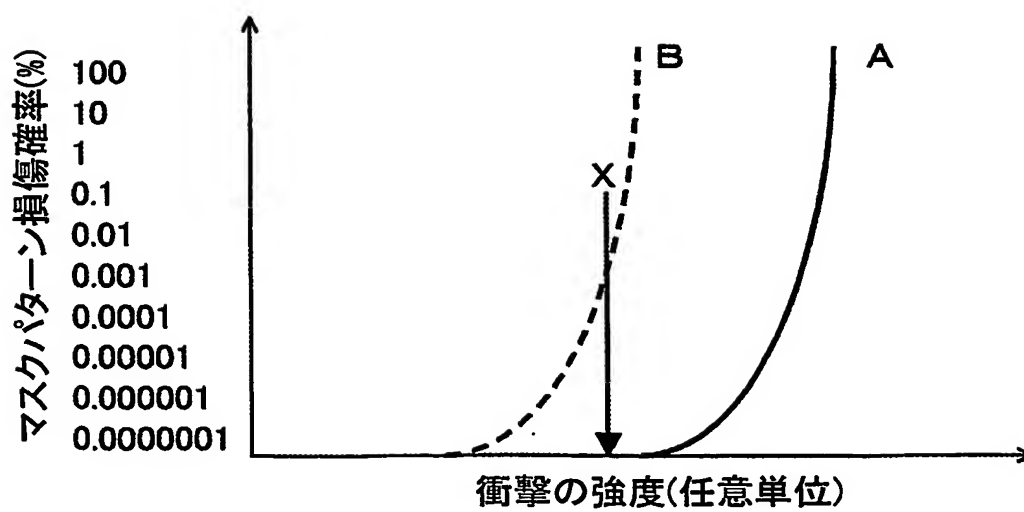
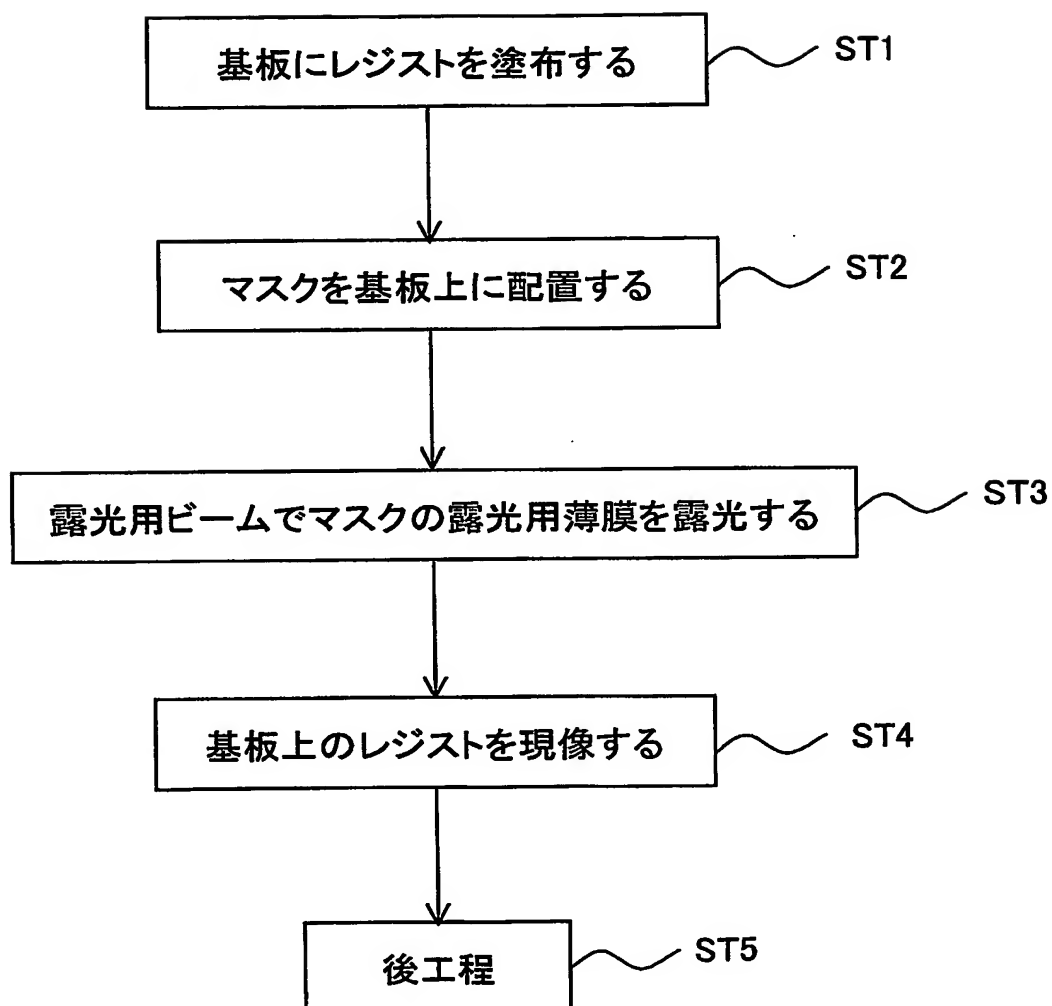


FIG. 12



符号の説明

- 1、1 a …梁
- 2 …メンブレン
- 3 …シリコンウェハー
- 4 …検査用メンブレン
- 5 …梁
- 6 …ラインアンドスペースパターン
- 1 1 …マスク
- 1 2 …試料ホルダ
- 1 3 …真空ポンプ
- 1 4 …圧力センサ
- 1 5 …バルブ
- 1 6 …メンブレン
- 1 7 …光学ガラス
- 1 8 …He-Ne レーザ
- 1 9 …シングルモード光ファイバ
- 2 0 …顕微鏡
- 2 1 …ハーフミラー
- 2 2 …CCDカメラ
- 2 3 …TVモニタ
- 2 4 …コンピュータ
- 2 5 …X-Yモニタ
- 1 0 1 …SOI ウェハー
- 1 0 2 …シリコン酸化膜

103…シリコンウェハー
104…シリコン酸化膜
105…シリコン層
106…メンブレン
107、107a…梁
108…レジスト
109…孔
110…ステンシルマスク
111…シリコンウェハー
112a、112b…シリコン窒化膜
113…クロム層
114…タングステン層
115…レジスト
116…梁
117…メンブレン
118…散乱メンブレンマスク

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08176

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G03F1/16, H01L21/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G03F1/08, G03F1/16, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2000-306806 A (Nikon Corp.), 02 November, 2000 (02.11.00), Par. Nos. [0004], [0016]; Figs. 1, 5 (Family: none)	1-12, 15, 17-28 13, 14, 16
Y A	US 2002/524 A1 (Nikon Corp.), 03 January, 2002 (03.01.02), Par. Nos. [0078] to [0080], [0096] to [0105]; Figs. 3, 4, 8 to 10 & JP 2001-351854 A Par. Nos. [0033] to [0045]; Figs. 4 to 8	1-12, 15, 17-28 13, 14, 16
Y A	JP 2000-12439 A (Canon Inc.), 14 January, 2000 (14.01.00), Par. No. [0007]; Fig. 2 (Family: none)	1-12, 15, 17-28 13, 14, 16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 September, 2003 (10.09.03)Date of mailing of the international search report
24 September, 2003 (24.09.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/08176

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 58-34731 U (Sanyo Electric Co., Ltd.), 07 March, 1983 (07.03.83), Full text; all drawings (Family: none)	1-12, 15, 17-28 13, 14, 16
Y A	JP 9-129536 A (NEC Corp.), 16 May, 1997 (16.05.97), Par. Nos. [0035] to [0051]; Figs. 5 to 7 (Family: none)	1-12, 15, 17-28 1, 13, 14, 16
Y	US 5958627 A (Hoya Corp.), 28 September, 1999 (28.09.99), Column 2, lines 45 to 54 & JP 10-135130 A Par. No. [0013]	15
Y	JP 2002-8972 A (NEC Corp.), 11 January, 2002 (11.01.02), Full text; all drawings (Family: none)	20
Y	JP 10-83071 A (Hoya Corp.), 31 March, 1998 (31.03.98), Par. Nos. [0011] to [0012], [0025] to [0028] (Family: none)	20
Y	JP 2001-102296 A (Nikon Corp.), 13 April, 2001 (13.04.01), Full text; all drawings (Family: none)	21
Y	JP 11-40477 A (Nikon Corp.), 12 February, 1999 (12.02.99), Abstract; Claims (Family: none)	22-26
Y	JP 2000-49081 A (Nikon Corp.), 18 February, 2000 (18.02.00), Abstract; Claims (Family: none)	22-26
A	US 5260151 A (AT & T Bell Laboratories), 09 November, 1993 (09.11.93), Figs. 1, 2 & JP 5-251317 A & EP 550173 A1 & KR 272116 B & CA 2083112 A & TW 198138 B	1-28

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G03F1/16, H01L21/027

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G03F1/08, G03F1/16, H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-306806 A (株式会社ニコン) 2000. 11. 02	1-12, 15, 17-28
A	【0004】、【0016】、図1, 5 (ファミリーなし)	13, 14, 16
Y	US 2002/524 A1 (Nikon Corporation) 2002. 01. 03	1-12, 15, 17-28
A	[0078] - [0080], [0096] - [0105], FI G. 3, 4, 8-10 & JP 2001-351854 A 【0033】 - 【0045】、図4-8	13, 14, 16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 09. 03

国際調査報告の発送日

24.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

伊藤 昌哉



2M

8808

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-12439 A (キヤノン株式会社)	1-12, 15,
A	2000. 01. 14 【0007】, 図2 (ファミリーなし)	17-28 13, 14, 16
Y	JP 58-34731 U (三洋電機株式会社)	1-12, 15,
A	1983. 03. 07 全文、全図 (ファミリーなし)	17-28 13, 14, 16
Y	JP 9-129536 A (日本電気株式会社)	1-12, 15,
A	1997. 05. 16 【0035】-【0051】, 図5-7 (ファミリーなし)	17-28 13, 14, 16
Y	US 5958627 A (Hoya Corporation)	15
	1999. 09. 28 第2欄第45-54行 & JP 10-135130 A 【0013】	
Y	JP 2002-8972 A (日本電気株式会社)	20
	2002. 01. 11 全文、全図 (ファミリーなし)	
Y	JP 10-83071 A (ホーヤ株式会社)	20
	1998. 03. 31 【0011】-【0012】, 【0025】-【0028】 (ファミリーなし)	
Y	JP 2001-102296 A (株式会社ニコン)	21
	2001. 04. 13 全文、全図 (ファミリーなし)	
Y	JP 11-40477 A (株式会社ニコン)	22-26
	1999. 02. 12 要約, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	
Y	JP 2000-49081 A (株式会社ニコン)	22-26
	2000. 02. 18 要約, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	
A	US 5260151 A (AT&T Bell Laboratories)	1-28
	1993. 11. 09 FIG1, 2 & JP 5-251317 A & EP 550173 A1 & KR 272116 B & CA 2083112 A & TW 198138 B	